

Atenuación del estrés calórico en pollos con la suplementación de un producto de cromo orgánico

Decrease of heat stress in broilers with the supplementation of an organic chromium product

David Sánchez-Chiprés. Ph.D.

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias,
Departamento de Producción Animal, Zapopan, Jalisco, México.

david.schipres@academicos.udg.mx

 <https://orcid.org/0000-0002-5273-0393>

DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n1.2021.792>

Moisés Valera Rojas. M.Sc.

Instituto de Ciencia Animal, Departamento de Monogástricos, Apartado
Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

mvalera@ica.co.cu

 <https://orcid.org/0000-0003-1680-4639>

Ricardo Casasola Torres. MVZ

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias,
Departamento de Producción Animal, Zapopan, Jalisco, México.

vt.ricardo@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5031-2999>

Odilia Gutiérrez Borroto. Ph.D.

Instituto de Ciencia Animal, Departamento de Rumiantes, Apartado
Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

ogutierrez@ica.co.cu

 <https://orcid.org/0000-0001-6487-109X>

Salvador Mireles Flores. Ph.D.

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias,
Departamento de Producción Animal, Zapopan, Jalisco, México.

smireles@cucba.udg.mx

 <https://orcid.org/0000-0003-3340-7344>

Recepción: 30 noviembre 2020

Aprobación: 22 febrero 2021

Publicación: 9 marzo 2021

RESUMEN

Objetivos. Determinar la existencia de un estrés calórico en pollos de engorda y evaluar la efectividad de la suplementación con un producto orgánico de Cr en la disminución de este. **Materiales y Métodos.** Se determinó la existencia de un estrés calórico mediante la medición del comportamiento de la temperatura y la humedad relativa durante el experimento. Estos indicadores se registraron diariamente, con frecuencia de una hora, utilizando termohigrómetros digitales. Se utilizaron 45 pollos de engorda Ross 308 sexados machos, desde 1 d de edad, provenientes de un experimento de comportamiento productivo con 300 animales. Estos se distribuyeron en tres tratamientos (control, 200 y 400 ppbCr/kg de dieta) según un diseño completamente aleatorizado, con 4 repeticiones de 25 pollos cada una. Al finalizar el ciclo productivo se determinó la concentración de cortisol en suero sanguíneo de 15 animales por tratamiento, como indicador de estrés. Cada animal constituyó una unidad experimental. Para el análisis de los resultados, se utilizó el paquete estadístico computarizado INFOSTAT. **Resultados.** Los valores del índice de confort de temperatura y humedad durante los últimos 32 días de duración de la prueba oscilaron entre 112.53 y 115.26. Las concentraciones promedio de cortisol para los tres tratamientos evaluados fueron de 9.45, 8.91 y 7.66 nmol/L, respectivamente, sin mostrar diferencias significativas entre ellos. **Conclusiones.** El producto orgánico de Cr fue efectivo en la reducción del estrés calórico al disminuir la concentración de cortisol, aunque no significativamente, en suero sanguíneo de los pollos de engorda. Se ratificó la existencia de un estrés generado por calor durante la realización del experimento.

Palabras clave: Pollos de engorda; estrés calórico; cortisol.

Como citar (Vancouver).

Sánchez-Chiprés D, Valera RM, Casasola TR, Gutiérrez BO, Mireles FS. Atenuación del estrés calórico en pollos con la suplementación de un producto de cromo orgánico. Rev Colombiana Cienc Anim. Recia. 2021; 13(1):e792. <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n1.2021.792>

ABSTRACT

Objective. Determinate the existence of a heat stress in broilers and evaluate the effectiveness of the supplementation with an organic Cr product for decreasing or heat stress in broilers. **Materials and Methods.** The existence of heat stress was determined by measuring temperature and relative humidity during the experiment. These indicators were daily registered, every 1 hour, with the use of digital thermo-hygrometers. An amount of 45 male Ross 308 broilers was used, from 1 day of age, belonging to a productive performance experiment with 300 animals. They were distributed in three treatments (control, 200 and 400 ppbCr/kg of diet) according to a completely randomized design, with 4 repetitions of 25 animals each. At the end of this productive cycle, cortisol concentration in blood serum was determined in 15 animals per treatment, as an indicator of stress. Every animal constituted an experimental unit. For the analysis of results, INFOSTAT statistical package was used. **Results.** Temperature-humidity index values during the last 32 days of the experiment ranged between 112.53 and 115.26. Mean values of cortisol concentration were 9.45, 8.91 and 7.66 nmol/L, for the three evaluated treatments respectively. This decrease was not statistically significant. **Conclusions.** The organic Cr product was effective for decreasing heat stress by reducing cortisol concentration, although not significant, in blood serum of broilers. The existence of stress generated by heat during the experiment was confirmed.

Keywords: Broilers; stress; cortisol.

INTRODUCCIÓN

El efecto de las variaciones climáticas se ha convertido en un gran desafío para la producción avícola. A medida que el clima global cambia, se alteran las temperaturas medias, los patrones de precipitaciones y aumenta la concentración de dióxido de carbono atmosférico (1). La avicultura depende de las condiciones climáticas, principalmente de la temperatura y la humedad. Las altas temperaturas y humedades ambientales, generadoras de una alta sensación térmica, originan una condición fisiológica en el ave, que recibe el nombre de estrés calórico, la cual afecta negativamente la eficiencia productiva y demás variables zootécnicas, al deprimir inicialmente el consumo de alimento (2). A su vez, también se afectan la tasa de crecimiento, el peso corporal, la calidad del semen, de la carne y del huevo, así como su producción, y la fertilidad. La temperatura ambiente alta también es perjudicial para las respuestas inmunes efectivas ante enfermedades en pollos jóvenes (3). Además, el estrés por calor aumenta la producción de corticosteroides que suprimen el factor de proliferación celular o interleucina-2 (4). En la mayoría de los países tropicales, el estrés es severo durante la época más calurosa del año. Por lo tanto, existe una necesidad crucial de explorar estrategias efectivas para mejorar la tolerancia térmica y la productividad de las aves de corral en las regiones cálidas del mundo (5).

La temperatura ambiente ideal para las aves se encuentra en el rango de 18-21°C, para un rendimiento óptimo (6). Es preciso tener en cuenta que la temperatura de confort térmico del ave cambia en la medida que esta crece, disminuyendo cada semana al desarrollar su sistema termorregulador. Así, en los primeros días requieren una temperatura ambiente entre los 30 y los 33°C, mientras que cuando alcanzan los 35 días de edad, la temperatura óptima se reduce a 22°C y ya en la sexta semana hasta los 18 o 20°C (7).

Dentro de los minerales más utilizados en la producción avícola en años recientes sobresale el Cr. Este, en su estado de oxidación más estable (Cr³⁺), cumple una serie de funciones de gran importancia en las aves. Entre ellas, pueden citarse su intervención en el metabolismo de los carbohidratos, proteínas y lípidos; la potenciación de la acción de la insulina, como componente activo del factor de tolerancia a la glucosa y ejercer un papel anti estrés, al disminuir la concentración de cortisol en sangre (8). El Cr suplementado a través de la dieta, teniendo en cuenta sus formas de administración, estados de oxidación y sobre todo prestando especial atención a las cantidades suministradas, ha demostrado disminuir la concentración sérica de la glucosa, colesterol total y triglicéridos en especies aviares, demostrando sus efectos benéficos en la salud animal (9). La suplementación con Cr aumenta la respuesta inmune y disminuye el estrés, en este caso calórico, ya sea a través de un efecto directo sobre las citokinas, o a través de un efecto indirecto en la disminución de los niveles de glucocorticoides. Por lo tanto, la disminución de los niveles de cortisol en suero ante el suministro con Cr es uno de los principales mecanismos mediante el cual este microelemento contribuye a la disminución del estrés calórico y la depresión del sistema inmune relacionado con este tipo de estrés en el pollo de engorda (10).

La producción intensiva bajo condiciones ambientales que sobrepasan la zona de confort térmico y los límites de termorregulación del pollo de engorda, predisponen a los animales al estrés calórico, al superar su capacidad termorreguladora (11). Debido a que el enfriamiento de las instalaciones avícolas resultaría demasiado costoso, actualmente los principales métodos para enfrentar el estrés calórico están enfocados en la modificación de las dietas (12), así como en la búsqueda de nuevos aditivos alimenticios que permitan mejorar el desempeño de los animales. Por lo

tanto, la utilización de recursos autóctonos y de métodos biotecnológicos para obtener productos orgánicos que permitan paliar esta situación, constituye una tarea de vital importancia. Por ello, constituyeron objetivos de esta investigación, el establecer la existencia de un estrés de tipo calórico en pollos de engorda, y evaluar el efecto de la suplementación con un nuevo producto de Cr orgánico obtenido por vía biotecnológica a partir de un yacimiento cubano de Cr_2O_3 , en la disminución de este.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El estudio se realizó en la Unidad Experimental de Pollo de Engorda, del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. Se ubica en las coordenadas 20°25'30" a 20°57'00" de LN y 103°19'30" a 103°19'20" de LO, a una altura de 1548 m sobre el nivel del mar.

Obtención del producto de Cr orgánico. Para la obtención del producto se utilizó un método biotecnológico de fermentación en estado líquido. La metodología de obtención de este producto se encuentra en trámites de registro de propiedad intelectual.

Análisis bromatológico del producto. Se determinaron los indicadores humedad y materia volátil, proteína bruta (PB), extracto etéreo, cenizas, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno (ELN) y materia seca (MS), según las metodologías descritas en la AOAC (13).

Animales, tratamientos y dietas. El experimento se desarrolló de acuerdo a los principios éticos de crianza para aves, según el manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Pollo de Engorda (14). Se utilizaron 300 pollos de engorda Ross 308, machos, desde 1 d de edad, distribuidos en 12 corrales de 2,5 m de largo por 1 m de ancho, a razón de 10 pollos por m^2 . Los tratamientos utilizados fueron: (T1) control sin adición de Cr orgánico, (T2) tratamiento con Cr orgánico, a razón de 200 ppb/kg dieta, y (T3) tratamiento con Cr orgánico a razón de 400 ppb/kg dieta. El producto orgánico de Cr se suplementó en el alimento a los animales desde el día 1. Se utilizaron dos dietas de formulación comercial (iniciación y finalización) para pollos de engorda, confeccionadas en la Empresa Comercializadora de Alimentos para Animales "Nutrimentos Ramírez S.A de C.V".

Condiciones de experimentación. Antes del inicio de la evaluación, se aplicó un control de salud con total desinfección de la unidad y equipamiento a utilizar, con Bioddá (3%) (Viatormex S.A de C.V). Se utilizó una cama de cascarilla de arroz distribuida uniformemente en los corrales, comederos de iniciación (1 por corral) y bebederos Vitroleros de 4 L con base (1 por corral) durante las 3 primeras semanas. Se emplearon 6 criadoras de gas marca JAT mod P1000 durante los primeros 10 días de edad. A partir de los 21 días de edad se utilizaron comederos de tolva de 11 kg de capacidad y se implementó un programa de restricción de alimento con 8 hrs diarias, para evitar el síndrome ascítico. Se garantizó el libre acceso al agua a través de bebederos automáticos para gallinas ponedoras (2 por corral). El sistema de vacunación de los animales consistió en una dosis de Trovac contra la viruela e influenza aviares, Newxxitek contra la enfermedad de Newcastle y una dosis del antibiótico Triacef, mezclado con la vacuna de Marek, contra bacterias Gram (+) y Gram (-), incluyendo cepas bacterianas productoras de β -lactamasas resistentes a otros antibióticos β -lactámicos, al día de nacidos los pollos. Posteriormente, se vacunaron contra Newcastle y bronquitis infecciosa, Gumboro, y Newcastle e influenza H5N2 en los días 7, 12 y 18 de vida, respectivamente.

Determinación del índice de confort térmico de temperatura y humedad. El registro de la temperatura ambiental y la humedad relativa se realizó diariamente, cada una hora, utilizando termohigrómetros digitales de máximas y mínimas (Modelo PCE-HT 71, Kex Germany Industries Inc., con sensibilidad de 0,1°C y 0,1%). Los detectores se localizaron a la altura de las aves. Para el análisis de su comportamiento, se seleccionaron y graficaron las temperaturas máximas y mínimas diarias, con sus correspondientes valores de humedad. Se determinó el índice de confort térmico de temperatura y humedad (ITH) establecido por Thom (15), y utilizado por Oliveros et al (16) para aves, en las últimas 4 semanas y media que duró la evaluación biológica, definido por la fórmula:

$$\text{ITH} = (1,8 \cdot \text{TX}) + (0,55 \cdot \text{HR}) + 31,45$$

Donde:

TX= Temperatura ambiental

HR= Humedad relativa en proporción

El índice se calculó para cada hora. Posteriormente se obtuvieron promedios diarios y semanales. Para este análisis se consideraron solo los valores de temperatura ambiente y humedad a partir de los 11 días de edad de los animales, debido al suministro de calor artificial en la primera etapa de vida.

Colección y análisis de muestras. Se obtuvieron 3 ml de sangre de 15 animales por tratamiento, al azar, por venopunción yugular usando jeringas de 3 mL Terumo con aguja calibre 21. Las muestras se colocaron inmediatamente en Tubos BD Vacutainer® con Heparina de Litio/Sodio, para su posterior refrigeración a 4°C, en un refrigerador marca Haier, Modelo HYC-68 (Vol. 68 litros, 2-8°C) hasta su análisis. Se determinó la concentración de cortisol en suero sanguíneo, a través de la técnica de inmunoensayo ELISA, en el equipo ELISA Reader (Modelo EliReader, KontroLab), del Laboratorio de Análisis Clínicos “Núcleo Veterinario: Mundo Vivo”, Guadalajara, México.

Análisis estadístico. Se utilizaron 45 pollos de engorda Ross 308, machos, desde 1 d de edad, provenientes de un experimento de comportamiento productivo con 300 animales, distribuidos en tres tratamientos de 100 animales, con 4 repeticiones de 25 animales cada una. Cada animal constituyó una unidad experimental. Para el análisis de los resultados, se utilizó el paquete estadístico computarizado INFOSTAT (17). Los valores medios se compararon mediante la dócima de Duncan (18) en los casos necesarios.

RESULTADOS

En la tabla 1, se pueden observar los resultados del análisis bromatológico del producto orgánico de Cr obtenido.

Tabla 1. Resultados del análisis bromatológico realizado a los complejos orgánicos de Cr

INDICADOR	MÉTODO	RESULTADO (%)
Humedad y materia volátil	AOAC 934.01	8,14
Proteína (%N * 6.25)	AOAC 655.04	10,24
Extracto etéreo	AOAC 920.39	3,04
Cenizas	AOAC 942.05	2,46
Fibra Cruda	AOAC 962.09	1,33
ELN	Por diferencia	74,79
MS	Por diferencia	91,86

Posteriormente, se seleccionaron los máximos y mínimos de temperatura para cada uno de los últimos 32 días de experimentación, cuando dejaron de utilizarse las criadoras de gas, con sus correspondientes valores de humedad relativa. La figura 1 muestra el comportamiento de estos dos indicadores.

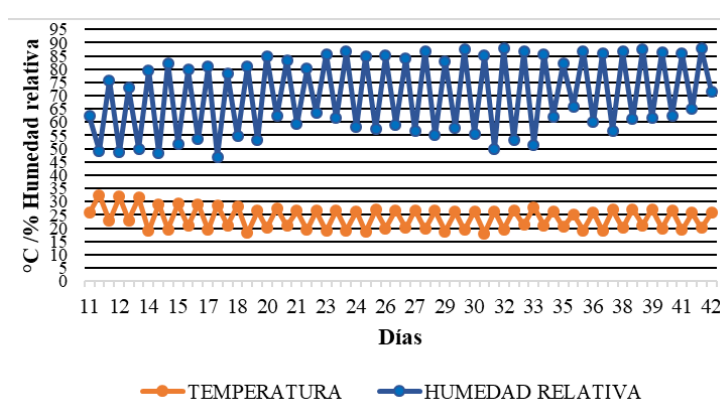


Figura 1. Comportamiento de la temperatura y la humedad relativa durante los últimos 32 días de experimentación

La temperatura media durante el experimento fue de 25.7°C, con picos máximos que rozaron los 30°C frecuentemente, como se observa en la figura 1. La humedad relativa media durante el periodo fue del 70.5%, aunque con frecuencia se alcanzaron valores máximos que oscilaron entre el 85-90%, como se muestra en la figura 1.

La temperatura máxima registrada durante el periodo fue de 32.5°C, con un valor de humedad relativa correspondiente de 49.2%. Dicho valor se alcanzó todavía en la estación no lluviosa. La temperatura mínima registrada fue de 18.1°C, y su valor correspondiente de humedad relativa fue de 81.1%. Estos valores sí coincidieron con el comienzo de la época de lluvias, de ahí que el valor de humedad sea tan elevado.

Se calculó el ITH de manera semanal, para evidenciar definitivamente la existencia de un estrés de tipo calórico que afectara a los animales durante los últimos 32 días de experimentación. En la tabla 2 se expresan los promedios semanales para este índice.

Tabla 2. Índice de confort de temperatura y humedad semanal durante los últimos 32 días de experimentación

SEMANA	ITH	CV	DE
2	113,68	2,03	2,31
3	112,53	2,20	2,48
4	112,85	1,70	1,92
5	113,08	2,46	2,78
6	115,05	1,91	2,19

Tras el diagnóstico de los sueros sanguíneos, las concentraciones de cortisol de los sueros analizados, se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Indicadores metabólicos determinados en animales según los diferentes tratamientos

CONCENTRACIÓN (nmol/L)	TRATAMIENTOS			EE (±)	p
	T1	T2	T3		
Cortisol	9,45	8,91	7,66	1,66	0,7370

El producto de Cr orgánico demostró su efectividad en la disminución de la variable metabólica determinada, aunque sin diferencias significativas.

DISCUSIÓN

Los resultados permiten apreciar que se obtuvo un producto de buenas características bromatológicas y organolépticas. Presenta un olor dulce y una coloración amarillo parda. Su contenido proteico se muestra alrededor del 10,24%. Así mismo, su contenido mineral de manera general es bajo, lo que se refleja en el resultado de las cenizas. La digestibilidad aparente de la materia seca, la proteína cruda y las fracciones de fibra disminuyen significativamente con el aumento del contenido de fibra en la dieta de los animales monogástricos (19). Por tanto, los bajos contenidos en grasa del producto, así como de fibra, presuponen que estamos en presencia de un producto digerible y que no debe presentar resistencia a la absorción en el TGI animal.

Debido al procedimiento de obtención del producto utilizado, se garantiza que todo el Cr del producto es orgánico. Al no existir referencias previas de la utilización del método biotecnológico utilizado para la obtención de complejos orgánicos con microelementos, es difícil establecer una comparación con resultados obtenidos anteriormente. No obstante, se considera que las características bromatológicas del producto son aceptables para el propósito que se persigue.

El registro de las temperaturas máximas fue siempre de día. Por lo tanto, el tiempo en el que los animales tuvieron acceso al alimento, coincidió con los registros de mayores temperaturas, donde se alcanzaron valores por encima del rango favorable (6). Este hecho pudo tener una influencia negativa sobre el consumo de alimento. Con el desarrollo del ave, y la posterior maduración de su sistema termorregulador y el aumento de la reserva energética, la temperatura óptima va descendiendo paulatinamente desde los 24°C a las 4 semanas hasta los 18°C a las 6 semanas (20). Los valores de temperaturas mínimas se registraron durante la noche, muchos de ellos incluso cuando los animales no tenían acceso al alimento debido a la implementación del sistema de restricción, por lo cual no tuvieron un efecto marcado en el consumo.

La humedad relativa del aire afecta la sensación térmica de las aves a través de la capacidad de intercambio de calor latente con el ambiente. Así, con valores por encima del 70% de humedad relativa, los pollos tienen dificultades para disipar este calor latente (7). De acuerdo con estos autores, el rango de humedades relativas óptimo para la cría de pollos de engorda

debería encontrarse entre el 60-65%, siendo los límites mínimos y máximos de 55 y 70%, respectivamente. En cualquier caso, como se ha comentado anteriormente, la estrecha relación con la temperatura ambiente hace complicado establecer unos límites estrictos para este parámetro.

En caso de que coincidan una temperatura y humedad relativa elevadas, los animales se quedan sin recursos para disipar todo el calor que producen. Por una parte, a temperaturas elevadas, la capacidad de disipar el calor sensible por convección se reduce, mientras que, por otra, el incremento del ritmo respiratorio para aumentar la evaporación de agua es menos eficaz para eliminar el calor corporal. Estas condiciones de temperatura y humedad elevadas conllevan a un incremento de la temperatura corporal y, en definitiva, los animales salen de su zona de confort térmico, produciéndose un estrés que conlleva a alteraciones comportamentales y fisiológicas (7).

El cálculo del ITH es de gran importancia para determinar el efecto del calor y la humedad sobre la respuesta de las aves, donde principalmente la temperatura del aire y el vapor de agua condicionan el estado de confort de los animales, siendo la temperatura un factor ambiental determinante, por el grado de asociación directo y significativo que existe entre esta variable y este índice (16).

Según la World Meteorological Organization (21) se considera que valores de ITH superiores a 84 incluyen a los animales en la condición de Emergencia. Por lo tanto, puede afirmarse que, durante los últimos 32 días del ciclo de engorda, este se desarrolló bajo condiciones de estrés calórico y elevada sensibilidad térmica y de humedad. Estas determinaciones del ITH coinciden con las obtenidas por Díaz et al. (11), quienes indujeron valores de temperatura y humedad relativa similares a las registradas en este experimento, para provocar un estrés calórico crónico en pollos de engorda en estudio.

Las aves cuentan con un sistema de termorregulación homeotermo, lo cual quiere decir que mantienen una temperatura interna constante gracias a la adaptación de su metabolismo y comportamiento. Parte de su termorregulación en el control de la pérdida de calor en el organismo es mediada por pérdidas sensibles como radiación, conducción y convección o pérdida latente de calor en forma de vapor (22). En estas condiciones, la pérdida de calor del animal es muy reducida ya que la mayor parte del tiempo se encuentra en estrés y en la medida que la temperatura ambiente se acerca a la temperatura corporal del ave, los mecanismos de conducción, convección y radiación se muestran ineficaces para regular esta temperatura.

En una investigación desarrollada por Sohail et al (23), informaron que los pollos de engorda a los 42 días de edad, expuestos a calor crónico, tenían 16,4% de ingesta de alimento reducida y 32,6% de peso corporal menos en comparación con animales que no se sometieron a esa condición estresante. Además, el estrés calórico crónico en los pollos de engorda influye negativamente en el metabolismo de las grasas, al aumentar sus depósitos (5), afecta el crecimiento muscular y reduce la calidad de la carne y el perfil químico, debido al desequilibrio electrolítico, la activación de la peroxidación lipídica (24) y la reducción del contenido de proteína (5).

Steiner et al (25) comprobaron que también el sistema respiratorio y el desarrollo del sistema cardiovascular pueden afectarse por un ambiente de altas temperaturas, lo cual causa, a su vez, comportamientos productivos pobres. Las pérdidas en la productividad de los pollos de engorda, provocadas por una continua exposición al calor pudieran explicarse por una disminución de la digestibilidad de los nutrientes (26), que puede tener su origen en una vasodilatación periférica y un flujo sanguíneo intestinal reducido, que conlleva a una reducción de la función de este órgano (1).

Es necesario considerar también que algunos animales presentaron respuestas de comportamiento de aves estresadas calóricamente, coincidentes con las referidas por Guerra (7). Dentro de ellas figuraron la refrigeración por evaporación (jadeo), la cual se complementó con el aleteo gular, baño en la cama o búsqueda de zonas más húmedas bajo los bebederos. También manifestaron otros comportamientos tales como extender sus extremidades, permanecer echados, escarbar para perder calor por conducción y convección, así como aumentar levemente el consumo de agua.

Una de las hormonas secretadas con mayor frecuencia durante un estadio de estrés es el cortisol, el cual es un glucocorticoide primario. Puede encontrarse en aves, cerdos, ovejas, bovinos y peces, y se secreta a partir de las glándulas suprarrenales. La secreción de estos glucocorticoides es más lenta que la adrenalina y tiene un efecto más persistente, por lo tanto, los niveles de cortisol son considerados buenos indicadores de estrés (27).

Hubo una disminución de la concentración de cortisol en el suero de los animales de los tratamientos suplementados con el producto orgánico de Cr, pero no fue estadísticamente significativa ($p=0,7370$). Para el caso del tratamiento control la concentración fue de 9,45 nmol/L. En el suero de los animales de T2, la concentración promedio fue de 8,91 nmol/L, y en el de los animales de T3 fue de 7,66 nmol/L. Esta disminución, aunque no significativa, tiene una implicación biológica

importante. Ella manifiesta la efectividad del producto orgánico, ya que disminuye el estrés resultante de las altas temperaturas en la cría del pollo de engorda.

Los resultados obtenidos en esta investigación coincidieron con los encontrados por Bahrami et al (28), quienes suplementaron 800 y 1200 ppb de CrMet en pollos de engorda y encontraron, entre otros resultados, una disminución en la concentración sérica del cortisol. Ebrahimzadeh et al (29) también reportaron resultados coincidentes con los encontrados en este estudio, al suplementar pollos de engorda con 200, 400 y 800 ppb de CrMet, y encontrar una reducción del cortisol en el suero sanguíneo de los animales en experimentación.

La suplementación con Cr aumenta la respuesta inmune y disminuye el estrés, en este caso calórico, ya sea a través de un efecto directo sobre las citokinas, o a través de un efecto indirecto en la disminución de los niveles de glucocorticoides. La disminución de los niveles de cortisol en suero ante el suministro con Cr es uno de los principales mecanismos mediante el cual este microelemento contribuye a la disminución del estrés calórico y la mejora del sistema inmune relacionado con este tipo de estrés en el pollo de engorda. El estrés calórico induce una cascada de eventos neuronales y hormonales, comenzando con la estimulación hipotalámica y la producción de factor de liberación de corticotropina (ACTH), el cual estimula la pituitaria anterior, liberándola. Esta hormona, a su vez, estimula la corteza adrenal, incrementando la producción y liberación de corticoides (corticosterona y cortisol). Los corticoides disminuyen la producción de anticuerpos. Esto pudiera estar relacionado con un incremento de las citokinas antiinflamatorias, que estimula la producción hipotalámica de factor de liberación de corticotropina (10).

Se ha demostrado que el cortisol, como glucocorticoide más importante, tiene un importante papel como inmunosupresor, inhibiendo la producción y la acción de anticuerpos, linfocitos y leucocitos, por lo cual su disminución trae como consecuencia una mejora en estos aspectos de vital importancia para la salud animal. El mecanismo exacto mediante el cual el Cr mejora el sistema inmune aún no es del todo conocido. Sin embargo, uno de los resultados más consistentes en los estudios con suplementación de Cr orgánico ha sido precisamente la reducción de los niveles de cortisol sérico en los animales (30).

En conclusión, los registros de temperatura y humedad relativa realizados durante el experimento, así como el cálculo del ITH, demostraron la existencia de un estrés calórico durante el periodo de engorda de los pollos. Según los resultados obtenidos en esta investigación, la suplementación con esta fuente orgánica de Cr contribuyó a disminuir los niveles séricos de cortisol, y, por tanto, favoreció la atenuación del estrés calórico de los pollos de engorda en experimentación. El tratamiento de mejor comportamiento fue el de 400 ppbCr/kg dieta. No obstante, el tratamiento de 200 ppbCr/kg dieta logró igualmente disminuciones respecto al tratamiento control, lo cual hace de este el idóneo a utilizar, debido a que el uso de mayores cantidades para lograr mejores resultados tendría mayores implicaciones económicas y ambientales. Con la utilización de este producto se contribuyó positivamente a la salud de los animales y, por consiguiente, a la de los consumidores de los productos finales de estos.

Declaración de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés en este trabajo.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del DMVZ Miguel Martínez, estudiante de la Maestría MIPPE, del CUCBA Guadalajara, por su experiencia y colaboración a lo largo del experimento. Además, a los estudiantes de Medicina Veterinaria Óscar Franco y Jorge Eng Gon, por su ayuda en la preparación de las condiciones experimentales para la realización de estos estudios.

REFERENCIAS

1. Attia YA, Hassan SS. Broiler tolerance to heat stress at various dietary protein/energy levels. *Europ Poult Sci.* 2017; 81(10.1399):1-15. <https://doi.org/10.1399/eps.2017.171>
2. Farfán C, Oliveros Y, De Basilio V. Efecto de la adición de minerales en agua o en alimento sobre variables productivas y fisiológicas en pollos de engorde bajo estrés calórico. *Zootec Tropic.* 2010; 28(3):363-373. <https://www.semanticscholar.org/paper/Efecto-de-la-adici%C3%B3n-de-minerales-en-agua-o-en-y-en-Farf%C3%A1n-Oliveros/ca71c7f81aeb37936fe570c3952a1136cff3748b?p2df>
3. Rama Rao SV, Prakash B, Raju MVLN, Panda AK, Kumari RK. Effect of Supplementing Organic Forms of Zinc, Selenium and Chromium on Performance, Anti-Oxidant and Immune Responses in Broiler Chicken Reared in Tropical Summer. *Biol Trace Elem Res.* 2016; 172:511-520. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0587-x>
4. Newman AEM, Soma KK. Corticosterone and dehydroepiandrosterone in songbird plasma and brain: effects of season and acute stress. *Eur J Neurosci.* 2009; 29(9):1905-1914. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2009.06748.x>
5. Nawab A, Ibtisham F, Li G, Kieser B, Wu J, Liu W et al. Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. *J Therm Biol.* 2018; 78:131-139. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.010>
6. Naga-Raja K, Narendra D. Ameliorative measures to counter heat stress in poultry. *World Poultry Sci J.* 2017; 74(1):117-130. <https://doi.org/10.1017/S0043933917001003>
7. Guerra EH. Evaluación de alternativas en las instalaciones avícolas de pollos de carne para la mejora de las condiciones de confort de los animales. [Tesis Ph.D.]. Universitat Politècnica de Valencia, Departamento de Ciencia Animal: España; 2017. Available URL in: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=156533>
8. Herran J, Peña H, Latorre S, Calderon C. Characteristics of the channels and blood parameters of chickens complemented with chromium and their productive acting. *Rev Colombiana Cienc Anim* 2011; 4(1):15-19. <http://repository.ut.edu.co/handle/001/1296>
9. Farag MR, Alagawany M, Abd El-Hack ME, Arif M, Ayasan T, Dhama K, Patra A, Karthik K. Role of chromium in poultry nutrition and health: Beneficial applications and toxic effects. *Int J Pharm.* 2017; 13(7): 907-915. <https://doi.org/10.3923/ijp.2017.907.915>
10. Hamidi O, Chamani M, Ghahri H, Sadeghi A, Malekinejad, H. Effects of Chromium (III) Picolinate and Chromium (III) Picolinate Nanoparticles Supplementation on Growth Performance, Organs Weight and Immune Function in Cyclic Heat Stressed Broiler Chickens. *Archives on Veterinary Science and Technology* 2017; 2(3). <https://www.gavinpublishers.com/articles/research-article/Archives-on-Veterinary-Science-and-Technology/effects-of-chromium-III-picolinate-and-chromium-III-picolinate-nanoparticles-supplementation-on-growth-performance-organs-weight-and-immune-function-in-cyclic-heat-stressed-broiler-chickens>
11. Díaz EA, Narváez-Solarte W, Giraldo JA. Alteraciones Hematológicas y Zootécnicas del Pollo de Engorde bajo Estrés Calórico. *Inf Tecnol.* 2016; 27(3):221-230. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000300021>
12. Attia KM, Tawfeek FA, Mady MS, Assar AH. Effect of chromium, selenium and vitamin C on productive performance and blood parameters of local strain dokkiin Egypt summer conditions. *Egypt Poult Sci.* 2015; 35(1):311-329. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153166099>
13. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th Ed. George W. Latimer Jr (ed). Ed. AOAC International, Rockville M.D, USA; 2016. <https://www.iberlibro.com/Official-Methods-Analysis-AOAC-INTERNATIONAL-20th/22523164170/bd>
14. SAGARPA, SENASICA. Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de Pollo de Engorda. 2nd Ed. Ed. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Cd. México, México; 2016. www.gob.mx/sagarpa

15. Thom EC. The discomfort index. *Weatherwise*. 1959; 12(2):57-59. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
16. Oliveros Y, Requena F, León L, Ostos M, Parra R, Marquina J et al. Aplicación del índice de confort térmico como estimador de periodos críticos en cría de pollos de engorde. *Zootec Tropic*. 2008; 26(4):531-537. https://agritrop.cirad.fr/547819/1/document_547819.pdf
17. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat. Version 2012 [Windows]. Grupo InfoStat: Universidad Nacional de Córdoba, Argentina; 2012. <http://www.infostat.com.ar>
18. Duncan DB. Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics* 1955; 11(1): 1-42. <https://doi.org/10.2307/3001478>
19. Sklan D, Smirnov A, Plavnik I. The effect of dietary fibre on the small intestines and apparent digestion in the turkey. *Br Poult Sci*. 2003; 44(5):735-740. <https://doi.org/10.1080/00071660310001643750>
20. Olanrewaju HA, Purswell JL, Collier SD, Branton SL. Effect of ambient temperature and light intensity on physiological reactions of heavy broiler chickens. *Poult Sci*. 2010; 89(12):2668-2677. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00806>
21. World Meteorological Organization (WMO). Animal health and production at extremes of weather: reports of the CAgM Working Groups on Weather and Animal Disease and Weather and Animal Health. WMO(05)/T3/no. 191. Secretariat of the World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland; 1989. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=1850
22. Bouzouaia M. Breeding in hot climate. In: *Manual of Poultry Diseases*. 2nd Ed. Ed. Association Française pour l'avancement des Sciences (AFAS): Paris, Francia; 2015. <https://vetbooks.ir/manual-of-poultry-diseases/>
23. Sohail MU, Hume ME, Byrd JA, Nisbet DJ, Ijaz A, Sohail et al. Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. *Poult Sci*. 2012; 91(9):2235-2240. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02182>
24. Kim HW, Cramer T, Ogbeifun OOE, Seo JK, Yan F, Cheng HW et al. Breast Meat Quality and Protein Functionality of Broilers with Different Probiotic Levels and Cyclic Heat Challenge Exposure. *Meat and Muscle Biology*. 2016; 1(1):81. <https://doi.org/10.22175/mmb2017.01.0002>
25. Steiner ZMD, Antunovic Z, Steiner Z, Sencic D, Wagner J, Kis D. Effect of dietary protein/energy combinations on male broiler breeder performance. *Acta Agric Slov*. 2008; 95(2):107-115. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.561.5660&rep=rep1&type=pdf>
26. Souza LFA, Espinha LP, Almeida EA, Lunedon R, Furlan RL, Macari M. How heat stress continuous or cyclical interferes with nutrient digestibility, energy and nitrogen balances and performance in broilers. *Livest Sci*. 2016; 192:39-43. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.08.014>
27. Romero LM, Platts SH, Schoech SJ, Wada H, Crespi E, Martin LB et al. Understanding stress in the healthy animal-potential paths for progress. *Stress*. 2015; 18(5):491-497. <https://doi.org/10.3109/10253890.2015.1073255>
28. Bahrami A, Moeini MM, Ghazi SH, Targhibi MR. The effect of different levels of organic and inorganic chromium supplementation on immune function of broiler chicken under heat-stress conditions. *J Appl Poult Res*. 2012; 21:209-215. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00275>
29. Ebrahimzadeh SK, Farhoomand P, Noori K. Immune response of broiler chickens fed diets supplemented with different level of chromium methionine under heat stress conditions. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2012; 25(2):256-260. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11217>
30. Malathi, V. Performance of dual purpose chicken supplemented with chromium yeast and nano chromium. [PhD Thesis]. Animal and Fisheries Sciences University, Veterinary, Department of Poultry Science Veterinary College, Bangalore: Karnataka, India; 2015. <https://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/67824>